

<新素材・機械加工システム>

数値制御（NC）工作機械の活用 ——科目「実習」におけるCNC旋盤の手引書作成——

県立沖縄工業高等学校教諭 川 平 清

I テーマの設定の理由

近年、高度情報通信社会ではコンピュータはあらゆる分野において活用されている。例えば医療や交通機関、産業界においてもコンピュータが重要なものになっている。情報技術の進歩はコンピュータ間の結合を容易にし、データベースによる通信ができるようになり、大規模な情報交換と制御を可能にした。さらにこれらの技術をベースにしたロボット、CAD（Computer Aided Design）/CAM（Computer Aided Manufacturing）、NC（Numerical Control）工作機械、自動搬送機器などの発展により、経営、生産管理情報を含めたFAシステムが登場し、産業構造に大きな変化をもたらした。生産現場では、製造の自動化システムが進むにつれ就労構造も変わり、短期間の技術訓練により高精度の精密加工を容易に行えるようになった。また、生産性の向上、コストダウン、製品の均一化や信頼性の向上にもつながった。このように産業界の変化に伴い工業教育にも大きな影響を与えてきた。教科の目標の中で、「工業の各分野に関する基礎的・基本的な知識と技術を習得させ、現代社会における工業の意義や役割を理解させるとともに、環境に配慮しつつ、工業技術の諸問題を主体的、合理的に解決し、社会の発展を図る創造的な能力と実践的な態度を育てる。」と掲げられている。それにふまえて実習や課題研究にも専門的知識、技術を有する実践的技術者を養成することが社会のニーズであり、学校現場の当面の課題である。

現在、県内工業高校の機械科、電子機械科には、CNC旋盤（Computerized Numerical Control）やマシニングセンタ（Machining Center）などの数値制御の工作機械が導入されている。本校では、平成元年に機械科3クラスのうち、2クラスが電子機械科に改編された。定時制課程については機械科が存続された。産業構造や就労構造の変わりつつある中、学校現場も時代に対応していかなければならない。現在、定時制課程の教育カリキュラムの中で、NC工作機械は取り組んでおらず、NC工作機械に

触れる機会がない。そこで定時制において、このNC工作機械が利用できるよう実習、課題研究に取り入れると共に、全日制の実習内容をモデルにして、定時制の生徒にも物を作る楽しさを共有できる実習手引書を作成したく、本テーマを設定した。

II 研究内容

1 研究項目

- (1) Windows 98の基本学習
- (2) アプリケーションソフトの基礎・応用
- (3) CAD/CAM技術の基礎・応用
- (4) 溶接ロボットの基本操作
- (5) 制御技術基礎（シーケンサー、空気圧技術）
- (6) マシニングセンタ加工技術の基礎・応用
- (7) CNC旋盤加工技術の基礎・応用
- (8) 課題作品による調査・研究

2 本校（全日制）でのNC工作機械の学習

- (1) 教科書との関連（全日制課程と定時制課程の比較）

本校全日制課程の電子機械科では、2年生の「電子機械応用」の科目と3年生の選択科目の「新機械工作2」（実教出版）を履修している。定時制課程の機械科では「機械工作2」の科目である。NC工作機械関連として次のような項目になっている。

「電子機械応用」の内容（抜粋）

第5章 ファクトリーオートメーション

1 ファクトリーオートメーション

- (1) 自動化の変遷
- (2) ファクトリーオートメーション

2 NC工作機械

- (1) NC工作機械
- (2) NC加工
- (3) 自動プログラミング装置

3 コンピュータ援用生産システム

- (1) CAD/CAMシステム
- (2) CAEシステム
- (3) CATシステム

4 フレキシブル生産システム

- (1) FMSの概念
- (2) FMSの機械・装置システム
- 5 構内情報通信網
 - (1) 製造工場とコンピュータ
 - (2) ネットワークの形態
 - (3) クライアントとサーバ
 - (4) LANの標準化
- 6 コンピュータ統合生産システム
 - (1) CIMの概念と構成
 - (2) CIMシステムの具体例

「機械工作2」の内容(抜粋)

第10章 機械加工の能率化と生産方式

- 1 取付具やジグによる能率化
- 2 機械の専用化・自動化
- 3 数値制御工作機械
- 4 産業用ロボット
- 5 将来の生産方法

「電子機械応用」では第5章の『1ファクトリーオートメーション』から『6コンピュータ統合生産システム』そして、「機械工作2」においては『3数値制御工作機械』までが座学と実習が重なり合う領域になる。この事をふまえながら実習手引書を作成したい。

(2) 各学校の取り組み

本校では、CNC旋盤は2年生の実習で取り組んでいる。他校においては、2, 3年の実習, 課題研究で取り組んでいるところもある。

3 各学校の資料収集

資料収集できた学校は、沖縄、南部、那覇、中部、宮古工業高校の5校である。各学校の作品は次の通りである。

沖工・・・段付き丸棒

南部・・・段付き丸棒

那覇・・・引っ張り試験片

中部・・・文鎖, 鉛筆立て, 一輪ざし

宮古・・・段付き丸棒

以上, 実習の行程作業は基礎基本をふまえた作品づくりとなっている。

- ・端面加工
- ・面取り加工
- ・円弧加工
- ・みぞ加工
- ・ねじ加工
- ・ドリル加工

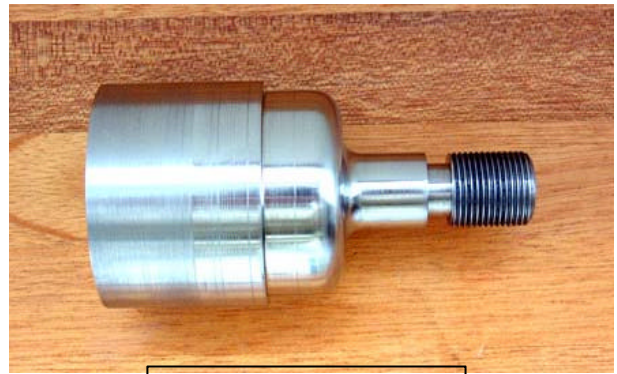


写真1 サンプルA

写真1 サンプルAは沖縄工業高校, 電子機械科の作品。

写真2 サンプルBは中部工業高校機械科, 南部工業高校機械科と沖縄工業高校電子機械科の実習並びに課題研究の作品である。

それぞれの作品は, 要素作業内容(外周切削, 端面切削, R面・C面カット, みぞ切削, ねじ切削, ドリル加工)を主として行い, 基礎・基本加工を目標としている。



写真2 サンプルB

4 CNC旋盤の手引書作成

(1) 方針

現在, CNC旋盤の実習は定時制の機械科では行っていない。しかし, これから社会の流れからしても定時制の生徒達もNC工作機械に触れる機会を与えたい。平成13年度からは1年生のNC工作機械の取り扱いの全国競技大会も開催される見通しである。これからは, プログラム学習を利用し, 機械操作を中心とした実習が盛んになってくると考える。時代の波についていけるよう, 生徒達にとって解りやすい基本的な実習手引書を作成したいと考える。

(2) 留意点

CNC旋盤はX、Zの2軸を制御する工作機械である。基本的なプログラム言語を理解すればさほどむづかしいものではない。機械操作をしっかり学習させることにより自信につながり、興味・関心もわくと思える。操作に関しても、プログラムでイメージした動作をシミュレーションさせることにより工具を壊したり、機械の破損はほとんどないと考える。操作やプログラムにしても生徒個人でも学習できるように解りやすい解説と図を使用して作成するように心がけた。また、安全面に関しては、徹底して指導していきたい。

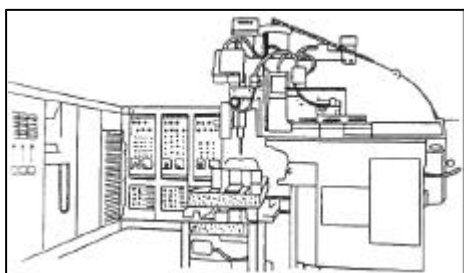
(3) 手引書の内容(抜粋、以下5ページ～9ページまで)

第1章 NC工作機械

1. NCとは(Numerical Control)略称であり、数値制御という意味である。NC装置は寸法や加工条件などの数値情報(Coded Data)により機械を自動的にコントロールする装置をいい、NC装置によって制御される機械をNC工作機械という。

2. NC工作機械の歴史

NC工作機械の誕生は、1952年にマサチューセッツ工科大学でNCフライス盤がはじめて製作された。その後、研究が続けられて、1955年にはシンシナティー社の4番形フライス盤に取り付けられたハイドロテルというNCが公開される(レトロフィットの第1号機)1958年には、Kearney & Trecker社でミルウォーキマティックと呼ばれるマシニングセンタが完成される。国内においては、1957年、NC旋盤(東工大試作品)、1957年NCタレット・パンチプレス(富士通)、1958年、NCフライス盤(牧野フライスと富士通)が製作発表されている。



初期のフライス盤(1952年)



本校のCNC旋盤MF-T4

NC 旋盤

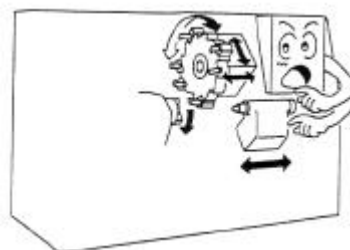
1 X軸, Z軸

- (1) X軸・・・機械の正面からみて上下に動く方向
- (2) Z軸・・・機械の正面からみて左右に動く方向

※ 両軸ともプラス方向とマイナス方向がある。

機械原点

機械原点はその機械にとって固定された点で、X、Z軸ともに+(プラス)側の最大ストロークの点です。



～ 製品が完成するまでの流れ ～

加工計画とプログラミング

① 図面の作成

- ・手書きによる図面作成か CAD/CAM による図面作成。
- ・寸法の記入は右端面を基準としておくともプログラムの作成が容易となる。

② 使用工具の検討

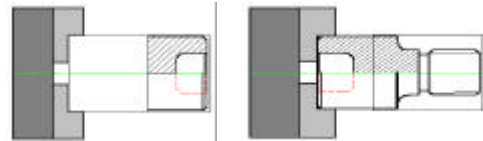
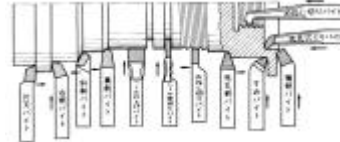
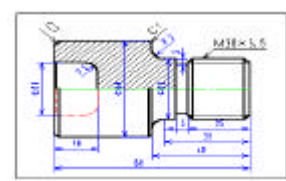
- ・斜剣バイト, すみバイト, 真剣バイト等, その他

③ 加工行程の検討

- ・チャッキング (チャックへの材料の取り付け) の方法などを考慮し加工工程を決める。上の作品の場合は左部分を先に工作し, 左右を逆にしてチャッキングし, 右側部分を工作すればよい。

④ プログラムの作成

- ・加工工程にもとづいてプログラムを作成する。
- ・手動による作成か CAD/CAM による自動作成



加工工程
1. 荒加工
(1) 端面
(2) 外形
2. 仕上げ加工
(1) 端面
(2) 外形
3. センタ穴加工
4. ドリル加工

O0002;
N1(A RA);
G50 S1500;
G00 T0303;
G96 S120 M03;
X55.0 Z10.0 M08;
G01 Z0.5 F1.0;
.....

⑤ 材料の準備

- ・加工図面から直径や長さを決める。



⑥ メモリにプログラムを入力する

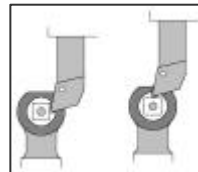
- ・外部入力か直接入力する。



⑦ 工具を機械に取り付ける

⑧ 工具の補正を入力

- ・工具長補正, 形状補正および磨耗の入力。



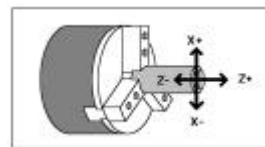
工具

プリセット (設定部)
・工具の刃先を接触させる

⑨ ワークを取り付ける

⑩ 加工原点を設定

- ・ワーク座標系 (G54～G59) の設定。



加工原点
(プログラム原点)

⑪ 空運転

- ・必要に応じてプログラムを修正する。

⑫ テスト加工

- ・必要に応じてプログラムの修正する。
- ・必要に応じて工具補正值を修正する。

⑬ 自動運転でワークを加工する。

⑭ 製品が完成する

- ・同じものをいくつでも量産できる。



段取り作業

量産加工

プログラムの例

アブソリュート指令とインクリメンタル指令

(1) アブソリュート指令 (図1)

X,Zで表し, 加工原点 (X0, Z0) からの距離を+, -の符号付きで指令する。

X は, 図面上の品物直径 (X0.0 基準)・・・X は直径値で指令

Z は, 加工原点 (Z0.0) からの距離

①→②→③→④→⑤工具移動のアブソリュート指令で行う

X40.0 Z0 ; ①

X50.0 Z-5.0 ②

(X50.0) Z-50.0 ; ... ③

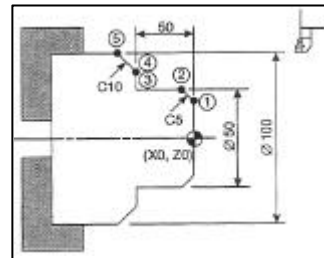
X80.0 (Z-50.0) ④

X100.0 Z-60.0 ; ⑤

() の指令は直前のブロックと同じ値

なので省略できる

図1



(2) インクリメンタル指令 (図2)

座表上の相対的な位置を表示し, その位置に対して移動したい分だけを方向と距離を指令。

U は, X 座標の移動距離

W は, Z 座標の移動距離

切削した壁面 (外形, 内径, 端面) からバイトを逃がす時に多く使う。①→②→③→④→⑤

工具移動をインクレメンタル指令で行う

X40.0 Z0 ; ①

U10.0 W-5.0 ; ②

(U0) W-45.0 ; ③

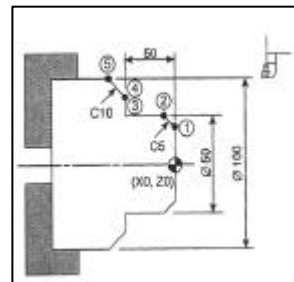
U30.0 (W0) ; ④

U20.0 W-10.0 ; ⑤

() 内の指令は直前のブロックと同じ値

なので省略できます

図2



プログラム (一部省略あり注意)

% ;

O3001 (KAWAHIRA) ; (プログラム番号)

N1 (ARA) ; (シーケンス番号)

G50 S1500 ; (最高回転速度を 1500 r pmに設定)

G00 T0202 ; (工具を工具番号 02 の工具に設定)

G96 S100 M03 ; (切削速度を 100m/min に設定)

G00 X58.0 Z5.0 M08 ; (早送りで工具を近づける)

G01 Z-69.0 F0.2 ; (直線切削)

G00 X60.0 ; (ワークから遠ざける)

一部省略

X100.0 Z100.0 M09 ; (工具がワークから遠ざかる)

M01 ; (オプションストップ)

CNC 旋盤の操作手順

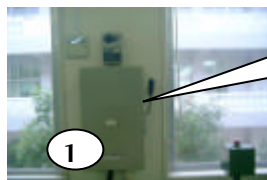
※ 注意事項

- ① 電圧に注意
- ② 濡れた手でスイッチやキーに触れない
- ③ 安全作業に適した服装
- ④ 切粉, バイトに素手で触れない
- ⑤ どんな時でも非常停止ボタンを押せるようにする

電源の投入から運転準備完了まで



本校CNC旋盤

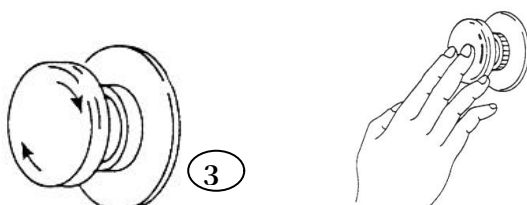


元電源
・工場の壁



メインスイッチ
・ CNC 旋盤の裏面
・ 右に回して ON に
する

- ① 工場の元電源をON
- ② メインスイッチをON
 - ・ 油圧ユニットの圧力計でメイン圧を確認する。
 - ・ 操作パネルや制御盤の冷却ファンが起動したか確認する。
- ③ 非常停止ボタン【E S P】を右に回す。



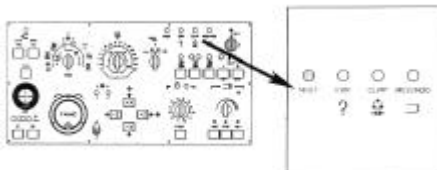
- ④ POWERスイッチ【ON】を押す。
 - ・ (安全に機械を使うための注意事項) の画面を表示される。

POWER

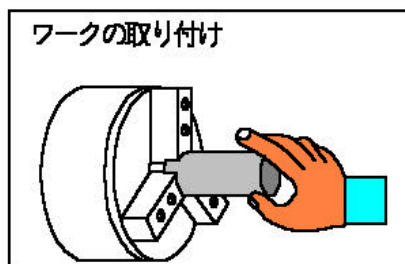


4

- ・ 20秒後 運転準備完了ランプ点灯
- 刃物台クランプランプ点灯 (青いランプが点灯)



- ⑤ ワークチャック（チャック圧確認・・・軟鋼→18Mpa. サイコウッド→12Mpa）
ドアロック解除→ブザー発信（細心の注意で作業）



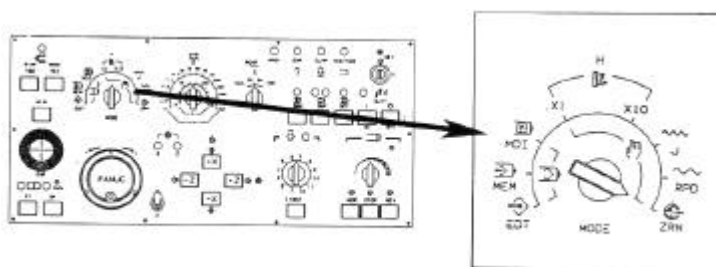
- ① モード選択スイッチでハンドル【H】（×1，×10）を選択する
・各バイトを順次手でプリセッタに軽く接触させる（接触時十分注意）
・送り量選択スイッチ ×10 → ×1
 (0.01mm) (0.001mm)
送り量選択

刃物台を回転させるときは細心の注意を

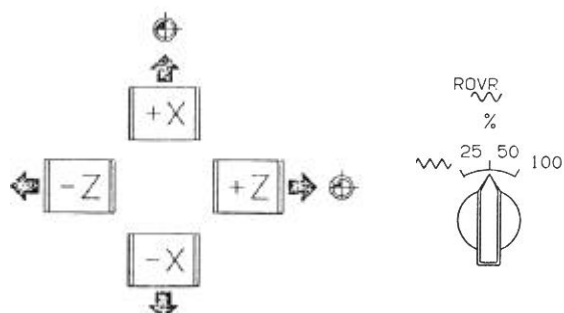
- ① 工具を安全な位置に移動し、プリセッタを格納する（※ 鍵に注意）
※プリセッタ測定は
① バイトを取り付けた後
② バイトの長さを調整した後
③ チップを交換した後等に行う

原点復帰【ZRN】

モード選択スイッチで【ZRN】を選択した状態で、プラスの手動軸送りスイッチ【+X】，【+Z】を、原点復帰するまで押し続ける



<原点復帰の操作方法>



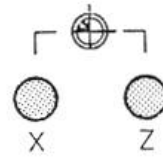
原点復帰時にも早送りオーバライドスイッチを入れる。

【ROVR】が有効である。

状態表示のX, Zの青いランプの点灯を確認

CRT画面の機械座標 X 0.000

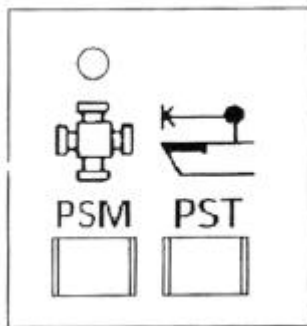
Z 0.000を確認



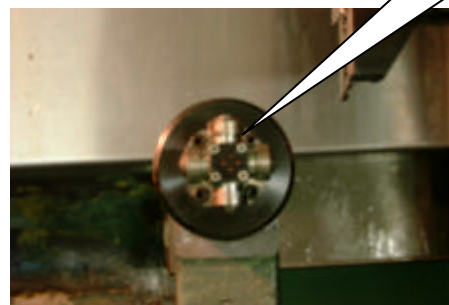
(1) 工具の形状補正值

プリセッタのスタイラス各面に工具の刃先を接触させると、NCパラメータと機械座標値から、工具刃先の座標値が設定される。

プリセッタ測定



スタイラス



<【PSM】プリセッタモードスイッチ>

① NC機能のプリセッタモードを押す → プリセッタモード開始

② プリセッタを下ろす (タレットヘッドの工具に注意)

CRT画面に (工具補正/形状画面) が表示 確認

③ モード選択スイッチでハンドル【H】(×1, ×10)を選択する

・各バイトを順次手でプリセッタに軽く接触させる (接触時十分注意)

・送り量選択スイッチ ×10 → ×1
 (0.01mm) (0.001mm)

送り量選択

刃物台を回転させるときは細心の注意を

④ 工具を安全な位置に移動し、プリセッタを格納する (※ 鍵に注意)

※プリセッタ測定は

① バイトを取り付けた後

② バイトの長さを調整した後

③ チップを交換した後等に行う

※加工原点を設定する

① 主軸を回転させる

② 手でワークを少しだけ端面削りする。

Z軸の現在数値⇒ 【 】

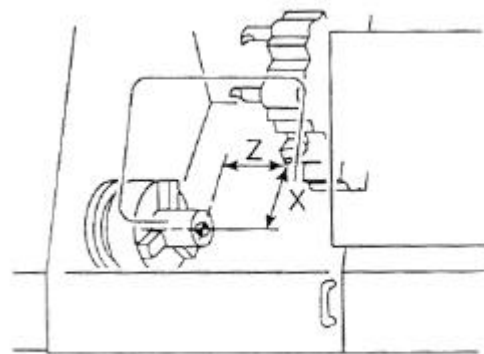
【注意】

切削後Z軸方向へは動かさない

③ NC機能のプリセッタ測定を押す

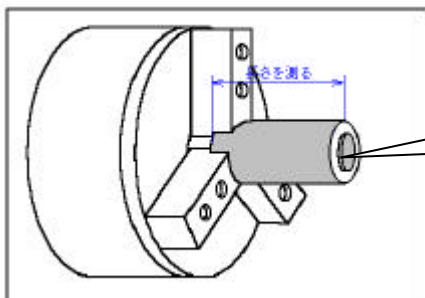
CRT画面の数値の変化の確認⇒ 【 】

プリセッタモードを押す ⇒ プリセッタモード終了



手動で主軸を停止して工具をワークから離し、原点復帰操作を行う。

ワークの全長を測定し、端面の取り代を決める。



ワークの長さをノギスで測る。

- ・ 測定の方法, 目盛りの読みを正確に

取り代をワークシフト補正量として入力する。

(例) ワークの全長を測ったら, 124mmであった。

加工図面のワークの長さが 120mm とすると端面から 2mm ずつ切削し 120mm にする。

$$(124-120) \div 2 = 2 \text{ mm} \quad \text{ワークシフト補正量} = 2 \text{ mm}$$

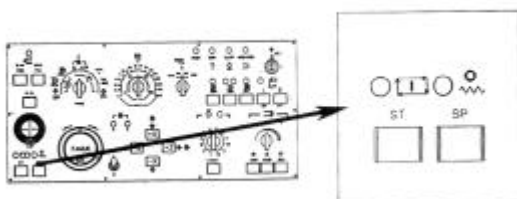
取り代を C T R 画面に入力

- ・ 取り代 (2.0) をソフトキー【+入力】

C R T 画面の数値の変化の確認 ⇒ 【 】

空運転によるプログラム及び安全の確認

- 1 ワークから 100.0mm 離れた位置で切削できるように設定
-100.0mm をソフトキーで【+入力】 ⇒ C R T 画面の数値の変化を確認
C R T 画面の数値 ⇒ 【 】
- 2 モード選択の **メモリ** N C 機能の **シングルブロック** **オプションナルストップ**
クーラントの **OFF** を押す
(クーラント **OFF** は赤いランプが点灯するまで押す。
- 3 機能キーの **PROG** を押す ⇒ C R T 画面にプログラム 残移動量を確認
早送りオーバーライドに注意 ⇒ 25% 設定のこと (最初は
- 4 自動運転の **起動** ボタンを押してプログラムを一つずつ確認
いつでも自動運転の **一時停止** ボタンが押せるように準備



電源遮断

- 1 **非常停止ボタン** ⇒ OFF (インターロッキングキー確認)
(自動運転スイッチの内蔵ランプが消えていること)
- 2 **POWER** ⇒ OFF
- 3 **メイン電源** ⇒ OFF
- 4 **電源** ⇒ OFF



表 年間指導計画と配当時間（6週×4時間＝24時間）

週	時間	実 習 内 容	実 習 目 標	その他
1	4 h	① CNC旋盤の概略 ② 加工図面から作品の完成まで ③ 安全心得 ④ 実習課題のデモ切削 ⑤ NC言語の説明	① CNC旋盤の特徴、汎用旋盤との違い ② 安全対策への心構えを学ぶ ③ プログラム座標を理解する ④ 今後の学習のながれを理解する	手引書 CNC旋盤
2	4 h	① NC言語の説明 ② 機械操作	① 基本となるコードを学習する ② プログラムの作成 ③ CNC旋盤の座標系、加工原点	手引書 CNC旋盤
3	4 h	① NC言語の説明 ② 実習課題の作図 ③ 実習課題のプログラミング ④ 編集・シミュレーション ソフトの使用法	① CNC旋盤の座標系、機械座標、加工原点 ② 電源投入から運転準備完了まで ③ 軸移動操作、機械原点復帰操作（手動）	手引書 CNC旋盤 方眼紙
4	4 h	① 実習課題のプログラム編集 及びシミュレーション ② プログラムの転送方法 ③ CNC旋盤の操作手順	① シミュレーション等により学習が深くなる ② ケーブルを使用してプログラムの転送 ③ ワーク座標系の設定、空運転の操作方法を理解	学習支援 ソフト 入出力装置
5	4 h	① CNC旋盤の操作演習 （自動運転） ② 実習課題の加工	① 実際に機械に触れ、今後一人で操作できるようになる ② 各自の作品を制作し、感動を味わう	CNC旋盤 手引書
6	4 h	① 実習課題の加工 ② まとめ（評価、感想）	① 各自の作品を制作し、感動を味わう ② 作品を評価し、今後の自主課題へつなげる	CNC旋盤 手引書

Ⅲ まとめと今後の課題

CNC旋盤は私にとって初めて取り扱うNC工作機械である。コンピュータ操作が充分とはいえない私にとって試行錯誤の連続であった。しかし、研修を重ねていくうちに工作機械で物作りを深める中、一層NC工作機械への興味関心が湧き「誰にでもできるCNC旋盤」の手引書を作成したいと考えがまとまってきた。本校生徒の実態をふまえ、生徒個人でも学習できる手引書としてまとめた。残念ながら、この手引書を使っただけの検証授業は行っていないが、これからの授業実践では生徒が興味を持つ作品づくりを目指し、操作に関してもプログラムでイメージした動作のシミュレーションをさせることにより、作品づくりができる。そうすることで生徒の興味は高まるであろう。

手引書を見て生徒自身が取り組めることは、生徒達の工作に対して理解を深めるとともに自信につながると思う。今後の課題としては、

- ① 実践を重ねる中で生徒の理解度を確認しながら手引書を改善していくこと。
- ② 指導者として機械操作の技術を広めること。
- ③ 技術を習得させるための作品内容の検討をすること。

この研修を通してコンピュータに関する知識のなかった私にとっては Windows98 をはじめ、沢山のアプリケーションソフトを学ぶことができたことはとても有意義な研修であった。最後に、資料収集等に協力頂いた沖縄工業高校をはじめとして5校の工業高校に感謝したいと思います。

<主な参考文献>

MORI SEIKI	1992	『NCスクール プログラミングテキスト』	株式会社 森精機製作所
森精機製作所	1992	『取扱説明書 CNC旋盤』	株式会社 森精機製作所